

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

# **Model robotické palety pro automatizovaná parkoviště**

## **A robotic pallet model for automated parking**

# Zadání bakalářské práce

Student:

**Ivo Pergl**

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2612R041 Řídící a informační systémy

Téma:

**Model robotické palety pro automatizovaná parkoviště  
A Robotic Pallet Model for Automated Parking**

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je konstrukce, návrh a implementace autonomního řízení modelu robotické palety pro demonstraci mobilního robota pro automatizovaná parkoviště.

V souhrnu je práce charakterizována těmito body:

1. Rešerše systémů automatizovaných parkovišť.
2. Návrh a realizace hardwarové části modelu.
3. Návrh a implementace demonstračního software pro řízení modelu parkovací palety.
4. Návrh a implementace navigačního systému modelu.
5. Test modelu s reálnou zátěží.
6. Zhodnocení práce a závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MCGRATH, Michale. E. *Autonomous Vehicles: Opportunities, Strategies, and Disruptions*. Independently published, 2018. ISBN 978-1980313854.
- [2] KALA, Rahul. *On-Road Intelligent Vehicles: Motion Planning for Intelligent Transportation Systems*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. ISBN 978-0128037294.
- [3] SCARPINO, Matthew. *Motors for Makers: A Guide to Steppers, Servos, and Other Electrical Machines*. 1 edition. Indianapolis: Que Publishin, 2015. ISBN 978-0134032832.
- [4] BALÁTĚ, Jaroslav. *Automatické řízení*. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 978-80-7300-148-3.
- [5] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Praha: BEN - technická literatura, 2017. ISBN 978-80-87106-90-7.



Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.**

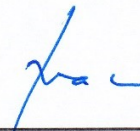
Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



---

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
*vedoucí katedry*



---

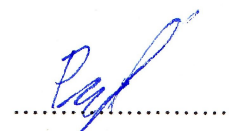
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
*děkan fakulty*

## Prohlášení studenta

Prohlašuji. Že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne:



Podpis



Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeněku Slaninovi, Ph.D. za odbornou pomoc, konzultaci při vytváření této práce a hlavně za jeho drahocenný čas který mi věnoval při řešení problematiky.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá vytvořením konceptu a řešením modelu automatické parkovací palety pro automatická parkoviště. Úkolem první částí bakalářské práce bylo prozkoumat momentální systémy automatických parkovišť. Na základě průzkumu byl vytvořen model robotické palety v poměru 1:10. Tento model měl být řízen navigačním softwarem, který byl pro něj vytvořen. Dále byl navržen software pro demonstraci možností takového podvozku. Hlavním přínosem práce bylo vytvoření modelu, který bude demonstrovat nové možnosti na poli automatických parkovišť.

**Klíčová slova:** Všesměrové podvozky; 3D tisk; řízení; atmega2560; automatické parkoviště

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the creation of the concept and solution of the model of automatic parking pallet for automatic parking. The task of the first part of the thesis was to explore the current systems of automatic parking lots. Based on the survey, a 1:10 robotic pallet model was created. This model was to be controlled by the navigation software that was created for it. Furthermore, software was designed to demonstrate the possibilities of such a chassis. The main benefit of this work was the creation of a model that will demonstrate new possibilities in the field of automatic parking lots.

**Key Words:** Omnidirectional chassis; 3D printing; control; atmega2560; automatic parking



# Obsah

<b>Seznam použitých zkratek a symbolů</b>	<b>9</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>10</b>
<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>1 Teoretická část</b>	<b>12</b>
1.1 Typy všesměrových platforem . . . . .	12
1.2 Typy kol pro kolové roboty . . . . .	13
1.3 Vsesměrové platformy . . . . .	15
1.4 Kinematika pohybu robotických podvozků . . . . .	17
1.5 Využívání všesměrových platforem . . . . .	18
1.6 Autonomie . . . . .	19
1.7 Arduino . . . . .	20
<b>2 Rešerše systému automatizovaných pracovišť</b>	<b>21</b>
2.1 Páternoster systém . . . . .	21
2.2 Systém Browser a Pigeon Hole . . . . .	22
2.3 Systémy a koncepty dneška . . . . .	22
2.4 Vyhodnocení . . . . .	22
<b>3 Návrh a realizace hardwarové části modelu</b>	<b>24</b>
3.1 H-můstek L298N . . . . .	24
3.2 IR Senzory . . . . .	25
3.3 Arduino Mega2560 . . . . .	26
3.4 Kostra modelu . . . . .	26
3.5 Krokový motor . . . . .	27
3.6 Zvedací mechanismus . . . . .	29
3.7 DC-Motory . . . . .	30
3.8 Podvozek . . . . .	31
3.9 Baterie . . . . .	31
<b>4 Návrh a implementace řídicího a navigačního softwaru</b>	<b>33</b>
4.1 Detekce čáry . . . . .	33
4.2 Ovládání modelu . . . . .	33
4.3 Pohyb modelu . . . . .	34
4.4 Demonstrační software . . . . .	34
4.5 Navigační software . . . . .	34

<b>5 Testování</b>	<b>36</b>
5.1 Provedení testování . . . . .	36
<b>Závěr</b>	<b>39</b>
<b>Literatura</b>	<b>40</b>
<b>Seznam příloh</b>	<b>43</b>



## Seznam použitých zkratek a symbolů

$\Delta\tau_A, \Delta\tau_B, \Delta\tau_C$	– Změna úhlové rychlosti ve směru $\tau$
$\Delta n_A, \Delta n_B, \Delta n_C$	– Změna otáček kol A, B, C
$x_{S1}, y_{S1}$	– Souřadnice v bodě 1
$x_{S2}, y_{S2}$	– Souřadnice v bodě 2
$\Delta x_S, \Delta y_S$	– Změna souřadnic x a y
3D	– Three-dimensional, Tři-dimenzionální
ABS	– Akrylonitrilbutadienstyren
APS	– Automated (car) Parking System, Automatizovaný parkovací systém
DC	– Direct current, Stejnoseměrný (proud/napětí)
IR	– InfraRed, Infračervený
PLC	– Programmable Logic Controller, Programovatelný logický automat
PWM	– Pulse Width Modulation, Pulzně šířková modulace
SAE	– Society of Automotive Engineers, Společnost automobilových inženýrů
USB	– Universal Serial Bus, Univerzální sériová sběrnice

## Seznam obrázků

1	Čtyřkolový podvozek se samostatným pohonem kol [9] . . . . .	12
2	Modely končetinových robotů firmy BostonDynamics [15] . . . . .	12
3	Robot s pásovým podvozkem [16] . . . . .	13
4	Klasické pevné kolo [17] . . . . .	13
5	Třířadé Stanfordské kolo [18] . . . . .	14
6	Mecanum Wheel s využitím pevného jádra [19] . . . . .	14
7	Jednokolový robot "Ballbot"[20] . . . . .	15
8	Tříkolový robot se Stanfordskými koly [21] . . . . .	16
9	Robot Odin zkonstruovaný na VŠB-TU [22] . . . . .	16
10	Čtyřkolový robot s umístěním kol v rozích konstrukce [23] . . . . .	17
11	Tříkolový podvozek se všesměrovými koly [7] . . . . .	17
12	Vysokozdvíhový vozík Sidewinder ATX-3000 [24] . . . . .	18
13	KMP Mobile Platform 1500 [25] . . . . .	18
14	KMP Kuka omniMove [26] . . . . .	19
15	Úrovně autonomie u automobilů [27] . . . . .	20
16	Desky Arduino [28] . . . . .	20
17	Páternoster [29] . . . . .	21
18	Browser systém [30] . . . . .	22
19	Zpracování návrhu modelu v počítači . . . . .	23
20	H-Můstek L298N [31] . . . . .	25
21	Návrh rámu pro umístění senzorů . . . . .	25
22	Fotka reálného zpracování uchycení senzorů . . . . .	26
23	Návrh hliníkového profilu . . . . .	26
24	Hliníkové profily systému kombi [32] . . . . .	27
25	Držák pro uchycení krokového motoru k PVC desce . . . . .	27
26	Kolíček který slouží k uchycení osy zvedacího systému k jezdcí krokového motoru . . . . .	28
27	Model krokového motoru . . . . .	28
28	Rameno zvedacího mechanismu . . . . .	29
29	Pevný držák ramena zvedacího mechanismu . . . . .	29
30	Uchycení motoru k rámu . . . . .	30
31	Využitý stejnosměrný motor [33] . . . . .	30
32	Fotka reálného zpracování uchycení motoru . . . . .	31
33	Blokové schéma zapojení elektroniky . . . . .	32
34	Vývojový diagram programu . . . . .	35
35	Fotka modelu na začátku se zvedajícím se mechanismem . . . . .	37
36	Fotka modelu na začátku se zvednutým mechanismem . . . . .	37
37	Fotka modelu v cíli . . . . .	38



## Úvod

Přestože automatizace jako taková začíná ve 20. století, první zmínky o ní nalezneme již ve staré Babylonii, kde byl využíván otvírací mechanismus dveří, pomocí páry. Ale můžeme jít ještě dále do historie. Za první znaky automatizace můžeme považovat zavlažovací systém z Egypta, který sloužil pro rozšíření úrodné půdy kolem Nilu. Je však dobré zmínit i několik z největších průkopníků, kteří pomohli vytvořit tvář dnešního průmyslu. A to konkrétně Henryho Forda, který vytvořil první montážní linku nebo také Clauda E. Shannona, který položil základy číselně řízených strojů.

První zmínku o „robotovi“ můžeme nalézt už v 15. století, jakožto návrhy mechanického rytíře od Leonarda Da Vinci. Ale původ slovu robot jako takovému, dal až český spisovatel Josef Čapek. Do veřejného povědomí se dostalo teprve rukou jeho bratra v díle R.U.R.

Prvopočátkem směřování k automatizovanému průmyslu byl rok 1784, kdy začala tzv. první průmyslová revoluce. Ta začala industrializací a nesla se ve znamení páry. Pro druhou průmyslovou revoluci je charakteristické využití elektrické energie. Následovala třetí průmyslová revoluce, kdy startuje automatizace, a to díky velkému rozmachu informačních technologií. Za její počátek by se dal považovat rok 1969, kdy byl vyroben první PLC neboli Programmable Logic Controller. Tím se dostáváme do období zatím poslední, čtvrté průmyslové revoluce, která se nese ve znamení internetu. Technologie pronikají do života lidí při každodenních činnostech. Nejvýznamnějším znakem této revoluce je splývání virtuálního a reálného světa a také celková robotizace.

Mobilní roboti jsou známi už delší dobu a nalezneme je dnes už téměř všude. Od vozíků plnicí logistiku v továrnách přes záchranné drony, které mají přístup do těžce přístupných míst, až po roboty armádního využití. Z tohoto výčtu je jasné, že se samotní roboti dělí na několik druhů. A to hlavně podle způsobu pohybu. Jednak létající, kteří se rozlišují dle způsobu letu, či pozemní, kteří se liší hlavně druhem podvozku. Mezi nejčastěji používané podvozky patří diferenciální, tříkolový, Ackermannův a pásový podvozek. Pro tuto práci bylo zvoleno využití všesměrové platformy. Vsesměrové platformy se v dnešní době dostávají do oblíbenosti hlavně díky tomu, že jsou výrazně lepší ve stísněných prostorech. U všesměrových platforem se neklade důraz na terénní vlastnosti robota, ale na jeho obratnost.

Cílem této práce, bylo sestavení funkčního modelu se zvedacím mechanismem a základním navigačním systémem. Práce nás seznámí s postupem od návrhu samotného modelu, přes výběr jeho součástí, až po jeho zprovoznění. První část se zabývá teorií všesměrových platforem, jsou zde popsány druhy všesměrových kol a popis souvislosti s autonomií. Ve druhé části se nachází průzkum automatických parkovišť, ze kterého vychází návrh modelu. Dále je zde nastíněn postup konstrukce a jednotlivých částí. Na konec je zde popsáno softwarové zpracování navigačního a demonstračního systému.

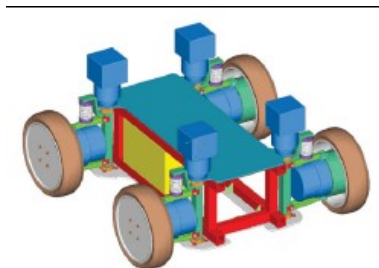
# 1 Teoretická část

Tato kapitola pojednává o všesměrových platformách a jejich částech, dále se zabývá popisem využití těchto systémů v praxi.

Roboty lze v dnešní době rozdělit na několik druhů, mezi ty nejzákladnější se řadí pozemní roboti, roboti pohybující se ve vzduchu a roboti pohybující se ve vodě. Ti jsou dále děleni na roboty s kulovým podvozkem nebo s končetinami, popřípadě plazivé a další.[1]

## 1.1 Typy všesměrových platforem

Kolové – tato kategorie využívá pro pohyb kola, jak už z názvu vyplývá. Rozdíl nastává v počtu kol, ovšem nejčastěji nalezneme se třemi, čtyřmi nebo šesti koly. Nevýhodou těchto robotů bývá však malá kontaktní plocha, tím může kolo prokluzovat. Většinou jsou jednoduché konstrukce.[10]



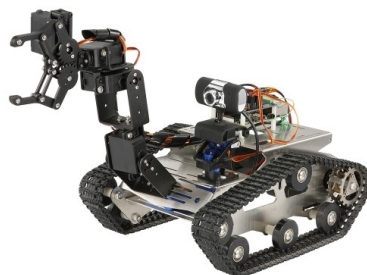
Obrázek 1: Čtyřkolový podvozek se samostatným pohonem kol [9]

Končetinové – tato kategorie se vyznačuje končetinami, které jsou využívány k pohybu. Zde může být pozorována přímá inspirace přírodou (pes, primát, hmyz)(Obrázek 2). Tito roboti jsou složití, co se týče konstrukce tak softwarového naprogramování, a to díky nutnosti synchronizace končetin. Výhodou může být možnost rozmanitého využití, a možnosti například šplhání.[11]



Obrázek 2: Modely končetinových robotů firmy BostonDynamics [15]

Pásové – tato kategorie se zabývá využitím všestrannosti pásových vozidel, do menšího měřítka. Hlavním pohybovým činitelem jsou zde pásy. Pásy mají výhodu velké kontaktní plochy tím se můžou lehce pohybovat i na povrchu, kde by kola selhávala, například písek. Jejich nevýhodou však je komplikovanost zatačení, kdy vytvářejí větší tření. Většinou se pásy umísťují po stranách jak můžeme vidět na Obrázku 3, pro lepší rozložení váhy a také pro minimalizaci tření při otáčení.



Obrázek 3: Robot s pásovým podvozkem [16]

## 1.2 Typy kol pro kolové roboty

Kola se využívají díky jednoduchému designu a implementaci. Výhodou využití těchto kol, je možnost pohybovat se vyšší rychlostí, tím že tento druh robota má v průběhu pohybu těžiště v klidu i pohybu neměnné tak netrpí ztrátou stability.[12]

### 1.2.1 Pevné kolo

Toto kolo je upevněno středem k hřídeli a úhel mezi rámem a rovinou kola je ve většině případů konstantní. Přímo kolo má tedy pouze dvě možnosti pohybu, a to dopředu a dozadu. Kola jsou upevněna k motoru, a to buď přímo nebo přes další mechanismus.



Obrázek 4: Klasické pevné kolo [17]

### 1.2.2 Všesměrové kolo

Tyto kola jsou nejvhodnější pro konstrukci kolového robota, jelikož mu přidávají možnost pohybu do více stran. Dá se tedy říct, že určité výhody pásového podvozku převedeme na podvozek kolový. Všesměrová kola jsou totiž navíc vybavena pasivními prvky (malými válečky) po obvodu kola. Zde ovšem už jednodušnost všesměrových kol končí, jelikož jejich konstrukce se liší podle druhu a využití.

- a) Stanford wheel - Stanfordská kola mají pasivní soudkové prvky dány tak, že tvoří součást obvodové křivky. Kola obsahují alespoň dvě řady soudkových elementů, které umožňují plynulý pohyb (Obrázek 5). [1]



Obrázek 5: Třířadé Stanfordské kolo [18]

- b) Mecanum wheel - Mecanum wheel nebo také Illanator wheel, má mnoho různých provedení. Tyto provedení se liší hlavně tvarem pasivních prvků a také jejich uchycením. Možnosti uchycení pasivního prvku jsou dvě základní. Prvním z nich je případ, kdy je kolo tvořeno ze tří částí. Dvou jader a pasivního prvku. Pasivní prvek svírá ku kolu úhel  $45^\circ$  a je připevněn pouze šroubem tak, aby mohl volně prokluzovat. Ve druhé možnosti jsou kola konstruována tak, že je kolo tvořeno pouze jedním jádrem a dvěma částmi pasivního prvku. Tento pasivní prvek opět svírá s jádrem úhel  $45^\circ$  a musí být k jádru uchycen pomocí ložiska (Obrázek 6). [1]



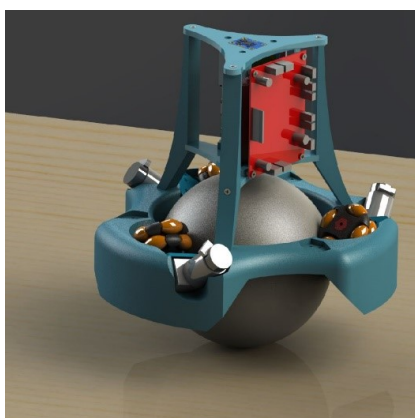
Obrázek 6: Mecanum Wheel s využitím pevného jádra [19]

- c) Kulové kola - do jisté míry jsou zde zařazena i kulová kola, která mají funkci všesměrového kola. U kulových kol si můžeme říct, že se skládají z několika částí. A to z hlavní koule a třech a více poháněcích válečků. O směr se tedy starají válečky, a to tím jakou rychlostí a směrem se otáčejí. Tím určují směr hlavní koule. Nevýhodou se tak stává limitace povrchu, na kterém se může takto poháněný podvozek pohybovat.[13]

### 1.3 Všesměrové platformy

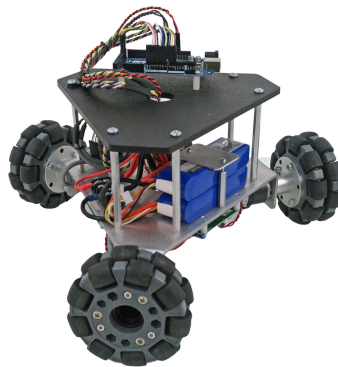
Všesměrový typ podvozku můžeme nalézt u tzv. holonomních robotů. Pokud se řídicí stupeň svobody rovná celkovým stupňům volnosti, pak se říká, že robot je holonomický. Robot který je postaven na otočných kolech nebo omni kolech, je dobrým příkladem holonomického podvozku, protože se může pohybovat libovolným směrem a řízené stupně volnosti se rovnají stupňům absolutní volnosti. Tyto podvozky můžeme rozdělit pomocí počtu kol na několik druhů.

- a) Jednokolové podvozky - zástupcem může být tzv. „Ballbot“, ten jako vůbec první svého druhu a byl postaven na Carnegie Mellon University v roce 2006. Robot je usazen na kouli. Koule se roztáčí pomocí třech spojených motorů se všesměrovými koly, která pohybují koulí. To lze pozorovat na Obrázku 7. Gyroskopem se zajišťuje stabilita. [13]



Obrázek 7: Jednokolový robot "Ballbot"[20]

- b) Tříkolové podvozky - princip je jednoduchý, všesměrová kola jsou ukotvena v trojúhelníku, kdy vůči sobě svírají úhel  $120^\circ$ . Příkladem můžeme uvést robota z roku 2012, který byl zkonstruován na fakultě elektrotechniky a informatiky. Pro příklad lze uvést Obrázek 8. [10]



Obrázek 8: Tříkolový robot se Stanfordskými koly [21]

- c) Čtyřkolové podvozky - toto řešení je nejrozšířenější holonomních robotů z důvodu jednoduchého řešení. Příkladem může být robot navržený na VŠB-TU v Ostravě (Obrázek 9). Ovšem však není nutné, aby byla kola uchycena rovnoběžně s konstrukcí. V některých případech mohou být uchycena na rozích podvozku (Obrázek 10). U všesměrových podvozků, vzniká výhoda možnosti, umísťovat kola téměř kamkoliv.[8]



Obrázek 9: Robot Odin zkonstruovaný na VŠB-TU [22]

- d) Kulové podvozky - další možností by bylo zaměnit podvozek poháněný všesměrovými koly, za podvozek poháněný kulovými koly. Jednou z variant je podvozek řízený jednou koulí a dvěma neřízenými koulemi. Řízená koule je ovládána dvěma válečky tak, že vektor konečné působící síly směřuje do zvoleného směru. Válečky jsou poháněny motory. Tento druh pohonu se může aplikovat i na samostatnou kouli a tím mít tři a více samostatných poháněných koulí. Ovšem zde nastává nutnost zvýšit počet válečků alespoň o jeden.

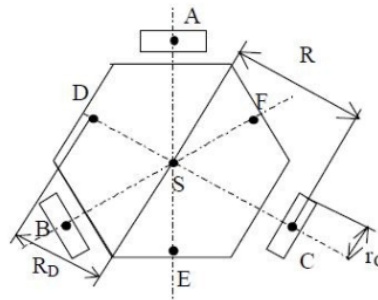




Obrázek 10: Čtyřkolový robot s umístěním kol v rozích konstrukce [23]

#### 1.4 Kinematika pohybu robotických podvozků

U robotických podvozků, kromě konstrukční části, je řešena i softwarová část, která bývá mnohdy složitější, nežli ta hardwarová. Na VUT FSI ÚAI bylo řešeno řízení tříkolového podvozku s omni-koly, jakožto disertační práce. Zde jsou tedy uvedeny základní pohybové rovnice, které byly využity v této disertační práci. [7]



Obrázek 11: Tříkolový podvozek se všesměrovými koly [7]

Pro pohyb z bodu A do bodu B je velikost úhlových rychlostí určena rovnicemi:

$$\Delta\tau_A = 2 * \pi * r_A * \Delta n_A = -\Delta x_S * \sin \phi + \Delta y_S * \cos \phi$$

$$\Delta\tau_B = 2 * \pi * r_B * \Delta n_B = -\Delta x_S * \sin(\phi + (2 * \pi)/3) + \Delta y_S * \cos(\phi + (2 * \pi)/3)$$

$$\Delta\tau_C = 2 * \pi * r_C * \Delta n_C = -\Delta x_S * \sin(\phi + (4 * \pi)/3) + \Delta y_S * \cos(\phi + (4 * \pi)/3)$$

Kde  $\Delta n_A$ ,  $\Delta n_B$ ,  $\Delta n_C$  jsou počty otáček kol A,B,C za předpokladu, že nedochází k prokluzu kol. Uvedené rovnice dávají návod k tomu, jaký vyslat robotu příkaz k provedení pohybu z polohy  $x_{S1}, y_{S1}, \phi$  do polohy  $x_{S2}, y_{S2}, \phi$ .

## 1.5 Využívání všesměrových platforem

V dnešní době, hlavně v zámoří, je využívána tato technologie, ale všesměrové platformy nejsou žádnou novinkou. Byly objeveny již dávno. V dnešní době, hlavně v zámoří, je využívána tato technologie, ale všesměrové platformy nejsou žádnou novinkou. Byly objeveny již dávno. Všeměrová kola jsou konstruována tak, aby vozidlo vybavené těmito koly, mohlo změnit směr pohybu, aniž by byla změněna jeho orientace. Jejich úžasná schopnost pohybu je však zastíněna složitostí mechanické konstrukce a nutností nezávislého pohonu pro každé kolo. Pro jejich komplikovanost jsou tedy nejvhodnější pouze pro vnitřní použití.



Obrázek 12: Vysokozdvíhací vozík Sidewinder ATX-3000 [24]

Jak již bylo zmíněno, tak využívání všesměrových kol je teprve na vzestupu, ačkoliv je známe už téměř přes 40 let. I přesto, jsou dnes nalézány příklady jejich praktického využití od invalidních vozíků přes transportní plošiny až k vysokozdvíhacím vozíkům jako na Obrázku 12. V dnešní době, kdy pozvolna začíná Průmysl 4.0, kdy se klade důraz na flexibilitu a efektivitu výroby, jsou tedy možnosti všesměrových platforem více než užitečné. Mohl by být tedy představen, takový koncept automatické továrny, která dostane pouze plány z vývoje a sama si dokáže naplánovat logistiku dílů pro své všesměrové roboty. Tato úloha může být obstarána například KMP Mobile Platform 1500 (Obrázek 13), která je schopna autonomního řízení.



Obrázek 13: KMP Mobile Platform 1500 [25]

Popřípadě pokud by bylo potřeba přejít do daleko většího měřítka, můžeme sáhnout po Kuka omniMove která disponuje nosností až 90 tun (Obrázek 14).



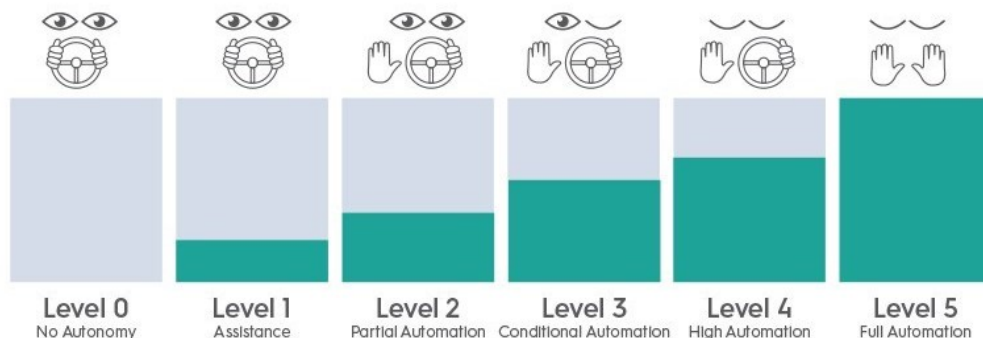
Obrázek 14: KMP Kuka omniMove [26]

## 1.6 Autonomie

Všechny tyto platformy mohou být takzvaně autonomní. Autonomie znamená, že se robot, vozidlo nebo platforma ovládá bez zásahu operátora nebo řidiče. Existuje však několik stupňů autonomních systémů. Autonomní systém lze klasifikovat jako plně automatizovaný systém, který může mít dokonce schopnost auto-opravy hardwaru, pokud by mu jakákoliv část hardwaru selhala.

Tohle může být demonstrováno na autech. Jestliže má být vozidlo označeno za autonomní, tak to musí znamenat, že vozidlo musí být schopno provádět řady funkcí bez zásahu řidiče. Pro auta je používán systém klasifikace, který navrhla Společnost Automobilových Inženýrů (SAE). Ta je složena z šesti stupňů autonomního řízení. První dvě úrovně (1-2) jsou o tom, že se řidič musí stále plně věnovat řízení. A systém je doplněn pouze o pomocné prvky, které usnadňují řízení. V dalších třech úrovních (3-5) je pozice řidiče spíše změněna na cestujícího, jelikož ve vozidle je implementovaný software a hardware, který dokáže pomocí senzorů účinně a bezpečně řídit auto za člověka. [2, 14]

0. úroveň – plné ovládání auta řidičem
1. úroveň – je pomoc řidiči kdy auto například samo parkuje
2. úroveň – dokáže auto držet v jízdním pruhu bez toho, aby řidič musel zasahovat
3. úroveň – základní automatické řízení v nízké rychlosti anebo tzv Stop and Go systém
4. úroveň – samostatná jízda na silnicích vyšší třídy jako jsou dálnice
5. úroveň – tato úroveň označuje plné řízení vozidla, kdy si řidič zvolí jen cestu kam chce jet a auto už bez ohledu na překážky, dopravní situaci nebo počasí dokáže samo dojet do cíle



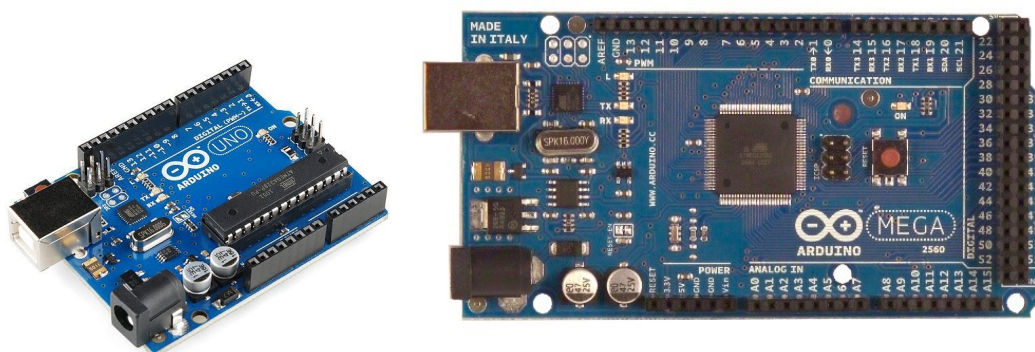
Obrázek 15: Úrovně autonomie u automobilů [27]

V případě robotické platformy, však není potřeba jezdit na dálnici. Snahou by mělo být ovládnutí robota na takové úrovni, aby bylo možno pomocí algoritmu a to bez zásahu, provádět určené úkony.

## 1.7 Arduino

Arduino je platforma, vzniklá hlavně pro studenty, kteří si nemohli dovolit koupit desky BASIC Stamp. Vznikla proto, aby mohla být využívána k výuce programování. Arduino pracuje na tzv. open source projektu a tak umožňuje všem ostatním dělat kopie samotných desek Arduino, ale i rozšiřující moduly. To znamená, že od vzniku v roce 2005, se objevilo na trhu mnoho klonů, ale i spoustu tzv. shieldů. Základem každého Arduina je procesor Atmel a dále také USB pro komunikaci. Tím je ukončena veškerá podobnost mezi jednotlivými deskami. Nejznámější deskou na světě je pravděpodobně Arduino Uno. Tohle Arduino disponuje procesorem ATmega328 a již klasickým USB typu B.

Arduino MEGA2560 je ze skupiny desek, které vycházejí z Arduino UNO. Hlavním rozdílem je více vstupů a výstupů, ale také disponuje větším výpočetním výkonem. [3]



Obrázek 16: Desky Arduino [28]

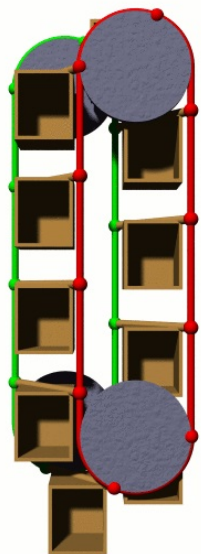
## 2 Rešerše systému automatizovaných pracovišť

V dnešní době jsou již běžná automatická parkoviště. Většinou ale spíše ve světě. Tyto parkoviště jsou však většinou neefektivní, co se týče místa a spotřeby. V Číně tyto parkoviště začali proto budovat stejně jako podzemní garáže. To však neřeší problém, který nastává v dnešní době, a to efektivní využití místa. Prvním úkolem bylo z auta dostat řidiče s posádkou. Dalším úkolem bylo efektivní skládání aut vedle sebe pro efektivitu APS. V poslední fázi se snaží tyto parkoviště o tak zvané puzzle, kdy auta jsou skládána tak aby byl maximálně využit veškerý volný prostor.

U automatizovaných parkovišť se potýkáme hlavně s problémem „Kam s tím?“ a to z důvodu jejich neefektivního využití místa a jejich náročnosti na energii. To se ale každým dnem mění, a to hlavně proto, že většina firem začala své parkovací domy umísťovat pod zem. To dává dost možností umístění. S tím však vznikl další problém, a to jakým způsobem udělat bezpečně takovou garáž pod už zastavěnou oblastí. Další problémy vzniká samotným technickým zpracováním samotného parkoviště. V dnešní době existují takové tři druhy.

### 2.1 Páternoster systém

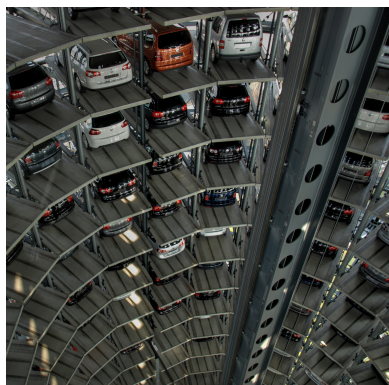
Asi jako jeden s prvních systémů automatických parkovišť je páternosterový systém. Princip páternosteru lze pozorovat na Obrázku 17. První parkoviště s tímto systémem bylo vybudováno v Paříži v roce 1905. Tento systém dělal ze 3 parkovacích míst možnost zaparkovat na stejné ploše desítky aut. Ovšem stále zde bylo ovládání člověkem, který musel celý systém ovládat. Jako první úplně automatizované systém lze brát garáž která byla v roce 1951 otevřena ve Washingtonu, DC.



Obrázek 17: Páternoster [29]

## 2.2 Systém Browser a Pigeon Hole

Tyto systémy do jisté míry vychází s páternoster systému už se však jedná o plnohodnotné systémy parkovacích domů. V případě Pigeon Hole neboli česky holubníku se jednalo o jednu plošinu, která zastrkovala auta do regálu. Z toho se zrodil později i systém Browser (Obrázek 18), který toto dovedl do dnešní podoby většiny automatizovaných parkovišť. Systém Browser je dneska nejpoužívanější systém, kdy je auto zařazeno do svého místa pomocí platformy, která jezdí v kolejnicích. Tento systém se do dnešní doby optimalizoval kvůli efektivitě využití místa. Z tohoto systému se zrodily dnešní parkovací domy, které jsou však ale již v tuto chvíli prostě zastaralé.



Obrázek 18: Browser systém [30]

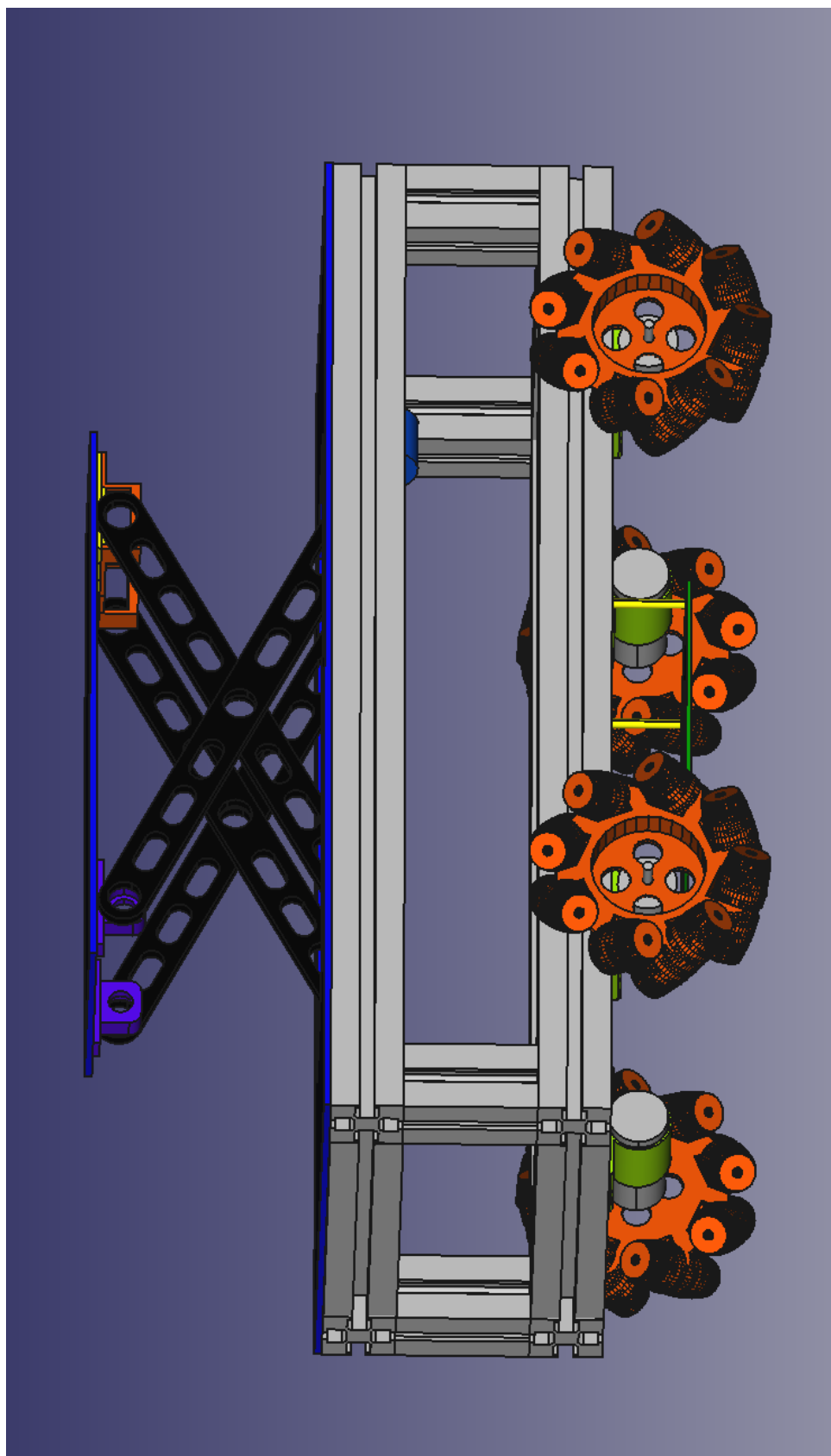
## 2.3 Systémy a koncepty dneška

V dnešní době je největším inovátorem v tomto odvětví hlavně Čína. A to ze zřejmého důvodu, málo místa hodně lidí a tím i aut. Prvním konceptem, který již funguje na pár místech je koncept palety, která parkuje auta na vyhrazená místa a doplňuje tak normální konvenční parkoviště. Ovšem již jsou řešení i kompletního parkoviště s touto technologií. Dále se už pár let i automobilky snaží vymyslet obdobné řešení které by implementovaly do svých vozů. Nejnovějším počinem v tomto odvětví je přidání třetího-rozměru pohybu palety jako takové, a to možnost nahnutí a tím možnost zmenšit náročnost na místo. Tento koncept byl ukázán v únoru 2019 v Číně.

## 2.4 Vyhodnocení

Pro bakalářskou práci byl vybrán koncept palety, která bude přesunovat auta v řešení plně-automatického parkoviště. To znamená bez pohybu osob ve vnitru parkoviště. Tento koncept byl vybrán z důvodu zadání práce jako takové, ale i z důvodu možnosti zkombinování více technologií. Pro jednodušší využití bylo zvoleno, že bude samostatná paleta, na kterou se bude umisťovat auto a robotické vozítko pro přemísťování této palety.





Obrázek 19: Zpracování návrhu modelu v počítači

### 3 Návrh a realizace hardwarové části modelu

Tato kapitola pojednává o konstrukční části modelu, dále se zabývá popisem jednotlivých dílů modelu a jejich funkcí.

Nejprve byla omezena potřeba toho, aby se model musel složitě otáčet. V průzkumu, jak tohoto docílit, bylo nalezeno řešení za pomoci všesměrové platformy. Tímto však nastala komplikace a to ta, že je nutno každé kolo pohánět samostatně. Tento problém byl vyřešen rozhodnutím, vytvořit celý model z jednotlivých částí. Pro tyto možnosti byly vybrány hliníkové profily systému kombi, které se využily pro stavbu rámu. To dávalo možnosti přestavby bez nutného mechanického zásahu do konstrukce. Jako pohon pro všesměrová kola, byly zvoleny motory POLOLU ty pomohl určit vedoucí této práce. Následně bylo nutno určit jednotlivé komponenty. Po krátkém průzkumu byly vybrány jako systém platformy Arduino. Konkrétně H-Můstek pro možnost řídit jak stejnosměrné motory, tak i krokový motor. Ten byl vybrán pro zvedací mechanismus, jenž byl vytvořen pro tuto práci. Zvedací mechanismus, který si bere inspiraci ze zvedacích plošin byl vytvořen na 3D tiskárně, stejně jako ostatní díly, které byly tedy vyrobeny přímo na míru jako například: držáky stejnosměrných motorů, držák krokového motoru, pomocné podložky pro lepší manipulaci při montáži rámu, deska držící senzory v dané poloze nebo v poslední řadě samotná všesměrová kola. Pro sensoriku modelu byly vybrány IR senzory, které dokáží snímat barvu. Senzory byly vybrány hlavně díky dráze, na které se bude model pohybovat v prostoru. Dráha byla určena pro tuto práci jako mřížka čar. Po vytištění všech potřebných dílů pro tuto práci, byl model zkompletován. A jakožto krycí deska byla využita PVC deska, která tak byla recyklována. Jako mozek celého modelu, byla využita jednotka Arduino MEGA2560. Tato jednotka poskytla dostatečný počet vstupů a výstupů pro veškeré komponenty (Obrázek 33). V této fázi tedy zbývalo pouze tento model naprogramovat do potřebných parametrů. Ty byly určeny návrhem v počítači viz. Obrázek 19.

#### 3.1 H-můstek L298N

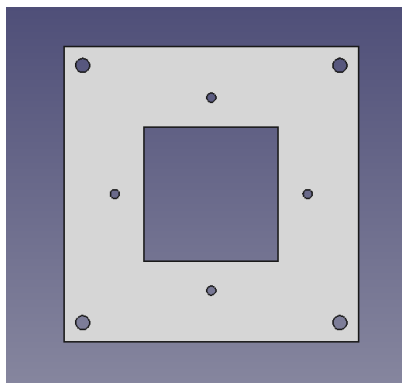
H-můstek byl vybrán hlavně kvůli kompatibilitě s Arduinem, kdy může jednoduše ovládat motory, a to jak DC motory, tak i krokový motor. Tento L298N H-můstek dokáže obsluhovat dva DC motory nebo jeden krokový motor. Jeho napájecí napětí je až do 35 V a jeho nespornou výhodou je právě to, že má vestavěný 5V stabilizátor, který může sloužit pro napájení Arduina, a to při připojení 7-35V zdroje.



Obrázek 20: H-Můstek L298N [31]

### 3.2 IR Senzory

Jakožto oči modelu byly vybrány IR senzory, které slouží pro rozeznávání barvy. Tyto senzory umožňují sledovat čáru, po které se model pohybuje. Výhodou těchto senzorů by měla být hlavně nezávislost na okolním osvětlení. Ovšem z testování vyplynulo, že jsou lehce ovlivněné nahřátím povrchů, které snímají. Pro tyto senzory byl vytvořen rám (Obrázek 21, Obrázek 22), který tyto senzory udržuje v dostatečné vzdálenosti od povrchu.



Obrázek 21: Návrh rámu pro umístění senzorů



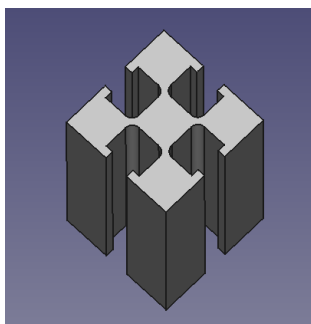
Obrázek 22: Fotka reálného zpracování uchycení senzorů

### 3.3 Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 je vývojovou platformou a je to centrální řídicí jednotka. Tato jednotka je vybavena 54 digitálními vstupy a výstupy a navíc disponuje 16 analogovými vstupy. Je určena hlavně pro komplexnější projekty, jako například 3D tiskárny nebo pro robotiku. To dalo této práci dostatek prostoru a příležitostí ve vývoji.

### 3.4 Kostra modelu

Pro kostru modelu byly v této bakalářské práci vybrány hliníkové profily, a to ve stavebnicovém systému kombi (Obrázek 24). Ten zajišťuje možnost (pomocí speciálních matek) jednoduše jednotlivé díly spojovat, bez nutnosti vrtání nebo jakéhokoliv mechanického zásahu do konstrukce. Pro konstrukci bylo zvoleno, že model bude v poměru 1:10. To udávalo rozměry, které by paleta tohoto modelu měla mít. Jako testovací auto, byl využit model Subaru Impreza v poměru 1:10. Ovšem do značné míry byla konstrukce pojata pouze jako koncept řešení pro budoucí možnosti a zpracování.



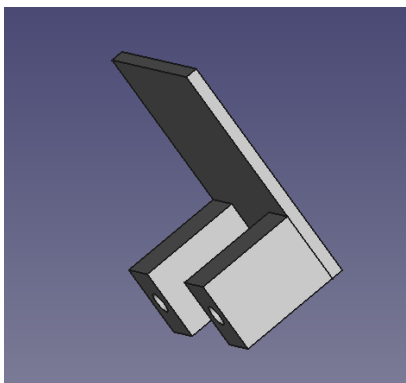
Obrázek 23: Návrh hliníkového profilu



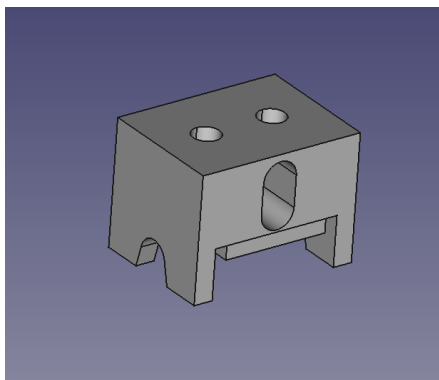
Obrázek 24: Hliníkové profily systému kombi [32]

### 3.5 Krokový motor

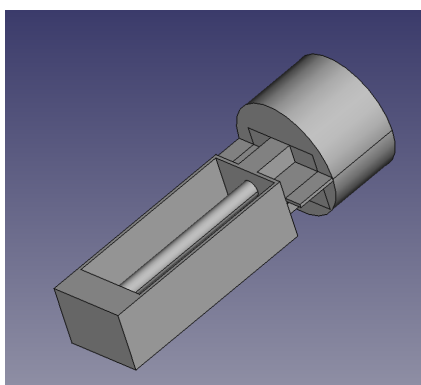
Krokový motor, který lze jako návrh vidět na Obrázku 27 slouží k ovládání zvedacího mechanismu. Pro jeho řízení je využíván H-můstek, který je řízen pomocí Arduina. To mu říká kolik je potřeba pulsů na otočku, či do jakého směru se má otáčet. To je obstaráváno za pomoci impulsů stejnosměrného proudu, kde magnetické pole je generováno napájením jednotlivých pólových dvojic. Pohyb rotoru krokového motoru je nespojitý při malých rychlostech. Rotor se pohybuje mezi stabilními polohami vždy v určitém úhlu, kde se jedná o jednotlivé kroky. Každý krokový motor má určitý počet kroků na otočku, které jsou dány počtem pólových dvojic nebo způsobem ovládání. Díky tomu, že jediný mechanický kontakt je právě v uchycení rotoru, a to v ložisku, jsou tyto motory vyznačovány vysokou mechanickou odolností a není potřeba téměř žádná údržba. Nevýhodou se však stává tzv. ztráta kroku, která je způsobena překročením mezního zatížení a sklonem k mechanickému zakmitávání což vede k nestabilitě pohybu. Krokový motor byl připevněn ke konstrukci za pomoci držáku, který lze vidět na Obrázku 24. Dále bylo potřeba umístit na jezdec krokového motoru kolíček (Obrázek 26), který bude přenášet pohyb na závitovou tyč. Závitová tyč zajišťuje přenos pohybu mezi kolíčkem a zvedacími rameny.



Obrázek 25: Držák pro uchycení krokového motoru k PVC desce



Obrázek 26: Kolíček který slouží k uchycení osy zvedacího systému k jezdcí krokového motoru



Obrázek 27: Model krokového motoru

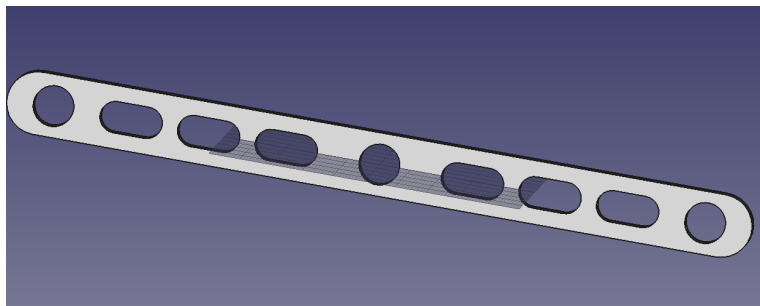


### 3.6 Zvedací mechanismus

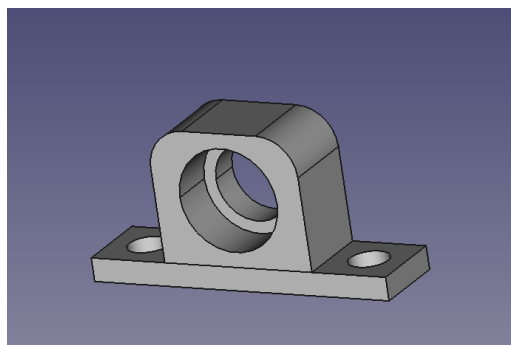
Na vrchní části modelu nalezneme zvedací mechanismus, který slouží pro zvednutí palety s autem. Tento zvedací mechanismus byl navržen z inspirací ze zvedacích plošin bylo využito takzvaného nůžkového systému. Tento zvedací mechanismus je ovládán jedním krokovým motorem, který zajišťuje posun jezdce, který je mechanicky pomocí, závitové tyče upevněn k ramenům a ty jsou potom posouvány, a to způsobuje změnu úhlu v pomyslném trojúhelníku. To způsobí zdvih zvedací plošiny.

Jak již bylo nastíněno, tento mechanismus byl navržen mou osobou a pro jeho výrobu byl využit 3D tisk. Zvedací mechanismus se skládá ze čtyř ramen (Obrázek 28), čtyř pevných úchyťů (Obrázek 29), čtyř kolejnicových úchyťů a v poslední řadě je zde jezdec, který je přichycen k ose motoru tak, aby motor přenášel pohyb přes osu na mechanismus. Do každé části bylo umístěné ložisko pro eliminaci tření při pohybu. Každá strana mechanismu, a to myšleno horní a spodní, obsahuje dva pevné úchyty a dva kolejnicové úchyty, které zabráňují deformaci jednotlivých ploch. To je jeden z rozdílů proti inspiraci kde se většinou na zvedací desce nachází pouze pevné uchycení a druhá polovina je ponechána volně a drží pouze svou vahou.

Ramena byla konstruována tak, že mají každé po třech ložiscích, kde krajní ložiska jsou přichycena k uchycení a středové ložisko slouží pro spojení dvou ramen, které jsou ovšem na závitové tyči, která spojuje také obě sady ramen.



Obrázek 28: Rameno zvedacího mechanismu



Obrázek 29: Pevný držák ramena zvedacího mechanismu

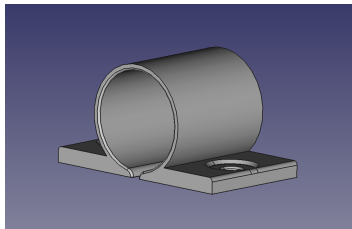
### 3.7 DC-Motory

Pro bakalářskou práci byly přiděleny DC-motory POLOLU s převodováním 34:1 (Obrázek 31). Tyto motory umožňují i snímání otáček, což je dobré pro sjednocení rychlosti kol. Jejich maximální moment otáčení je 353 mNm, což by mělo být dostatečné pro účely tohoto konceptu. Napájecí napětí je u těchto motorů 6 V a jejich maximální pracovní proud je 2,4 A. Jejich rozlišení je 48 impulsů na otočení. Otáčky hřídele mohou být při maximální rychlosti až 170 otoček za minutu, to ovšem u tohoto konceptu není využito, protože účelem jsou spíše možnosti pohybu nežli rychlost, kterou vozítko pojede. Principem DC motoru je, že přeměňuje elektrickou energii na energii mechanickou. To znamená, že způsobuje otáčení, které je zapříčiněno elektromagnetismem, který obstarávají induktory uvnitř motoru. Magnetickým polem, které tyto induktory vytvoří je generován pohyb.

Na hřídeli motoru je připevněn komutátor, ten se skládá ze dvou segmentů připojených k elektromagnetu. Na rotační elektromagnet je přiveden elektrický proud pomocí svorek či štětečků.

Po přivedení proudu a napětí na tyto svorky se motor roztočí. Pro změnu směru či rychlosti otáčení se mění buď napětí nebo můžeme pro změnu rychlosti využít pulsně modulovaný signál (PWM).

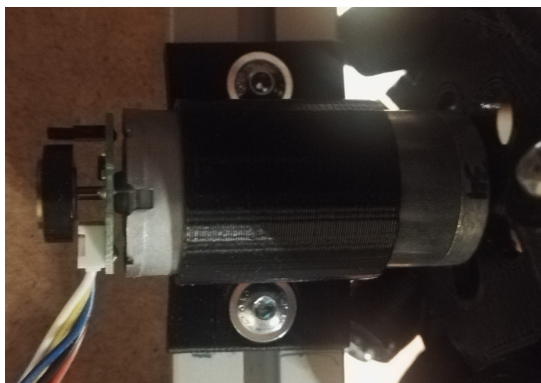
Ovšem musíme brát ohled na to, aby se při velmi častých změnách motor nepřehříval. To můžeme omezit některým z chladících zařízení. Ty byly však v případě tohoto modelu nadbytečnou zátěží, protože jak již bylo zmíněno, účelem modelu není primárně rychlost.



Obrázek 30: Uchycení motoru k rámu



Obrázek 31: Využitý stejnosměrný motor [33]



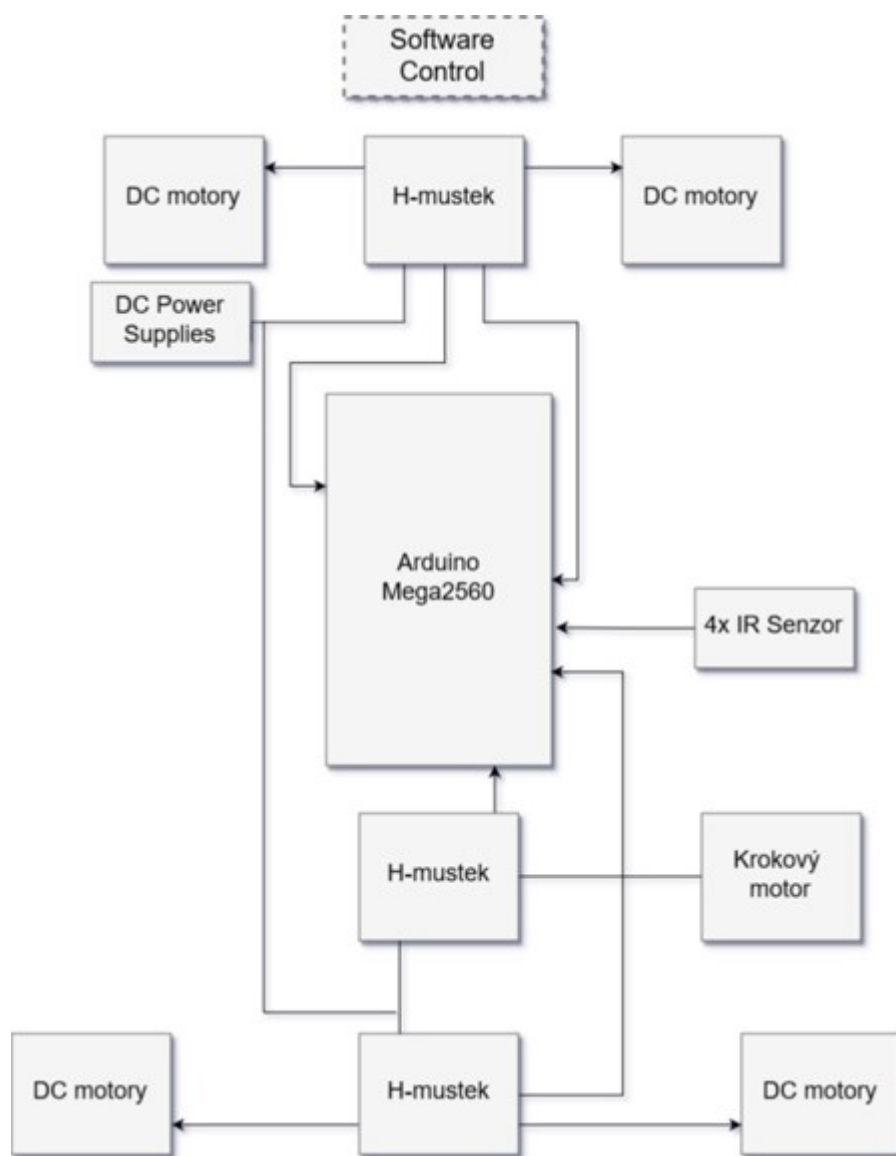
Obrázek 32: Fotka reálného zpracování uchycení motoru

### 3.8 Podvozek

Na kostře modelu z hliníkových profilů jsou ze spodní části připevněny čtyři DC-motory, které jsou přichyceny pomocí jednoduchého dílu, který byl vytvořen na 3D tiskárně (Obrázek 30). Tento díl zajišťuje to, že motory drží na místě a to tím, že jakmile je součástka dotažena ke konstrukci tak sevře motor dostatečnou silou proti proklouznutí či posunutí. Na DC motorech je umístěné Mecanum wheel. Toto kolo je tvořeno dvěma sadami válečků po osmi kusech a jedním jádrem. Na jádře jsou umístěny otvory, do kterých se umístí ložiska a na ložiska jsou připevněny válečky a to tak, že díky jádru jsou vytočeny o  $45^\circ$  oproti jádru. Konstrukce těchto kolům dává speciální vlastnosti toho, že díky nim se může platforma pohybovat do všech stran bez nutnosti se vytáčet, otáčet nebo zataččet.

### 3.9 Baterie

Volba baterie byla hlavně volbou o kapacitě a hmotnosti. Pro testování byly poskytnuty dvě baterie. Jedna o velikosti 3300 mAh a druhá o velikosti 3000 mAh. Ovšem v tomto modelu se energetická náročnost neodrážela od využití jednotlivých komponentů, ale spíše od váhy celkového modelu.



Obrázek 33: Blokové schéma zapojení elektroniky

## 4 Návrh a implementace řídicího a navigačního softwaru

Tato kapitola pojednává o řídicím softwaru a dále se také zabývá funkcemi, které navigační systém obsahuje.

Pro tuto část bylo zapotřebí si definovat několik věcí. Jako první bylo důležité si uvědomit, v jakém prostoru se bude model pohybovat a podle čeho se bude orientovat. Následně dle těchto požadavků vytvořit detekování čáry, podle které se bude řídit ovládání modelu. Zde už je dostatečný základ pro vytvoření základního navigačního systému (Obrázek 34). Pro demonstraci však musí být vytvořen ještě software, který bude ukazovat funkčnost této práce.

### 4.1 Detekce čáry

Pro detekci čáry byly využity IR senzory. Tyto senzory byly nastaveny za pomoci trimru na takový práh, kdy dochází k detekci bílé a černé barvy. Toho bylo využito v programu, kde byla vytvořena funkce pojmenovaná `getCode`. Úkolem této funkce bylo dle vstupního parametru, určovat jaká je poloha modelu vůči čáře. Zde by bylo vhodné zmínit, že seřazení senzorů dle vstupní hodnoty určuje směr, kterým se model pohybuje. To znamená, že podle vstupní hodnoty budou určeny senzory vedoucí a senzory sledující křížení. Funkce `getCode` nejprve zkontroluje, zda jeden z vedoucích senzorů není mimo čáru. Pokud tato podmínka není porušena tak pokračuje dál v cyklu a podívá se, zda jsou vedlejší senzory na bílé nebo černé. Podle toho určí, zda vozítko prošlo křížením nebo zda může pokračovat dál. Jednotlivé splněné podmínky oznamuje vrácením určených hodnot.

### 4.2 Ovládání modelu

Pro ovládání modelu, byla v programu vytvořena funkce, která byla pojmenována `Pohyb`. Vstupními hodnotami určujeme pořadí senzorů do funkce `getCode`. Tato funkce tedy nejdříve vyvolá funkci `getCode` a následně za pomoci hodnot, které tato funkce vrací, bude vybírat chování modelu. To bylo určeno pomocí definovaného switchu, který má určené úkony pro jednotlivé hodnoty.

### 4.3 Pohyb modelu

V práci bylo využito všesměrových kol, která dávají možnost eliminovat komplikace, vystávající z využití normálního podvozku. Tato kola tedy mají směr jen dopředu a dozadu. Pomocí volby směru kol, můžeme tedy určovat pohyb do všech stran. V práci však bylo využito pouze pohybu vpřed, vzad, vpravo, vlevo a otáčení na místě. Pro pohyby vpřed a vzad bylo využito spuštění motorů ve stejném směru. Ovšem pro jízdu vpravo či vlevo bylo zapotřebí otáčet kola různým směrem, a to konkrétně tak, že do požadované strany otáčíme kola od sebe a na opačné straně k sobě.

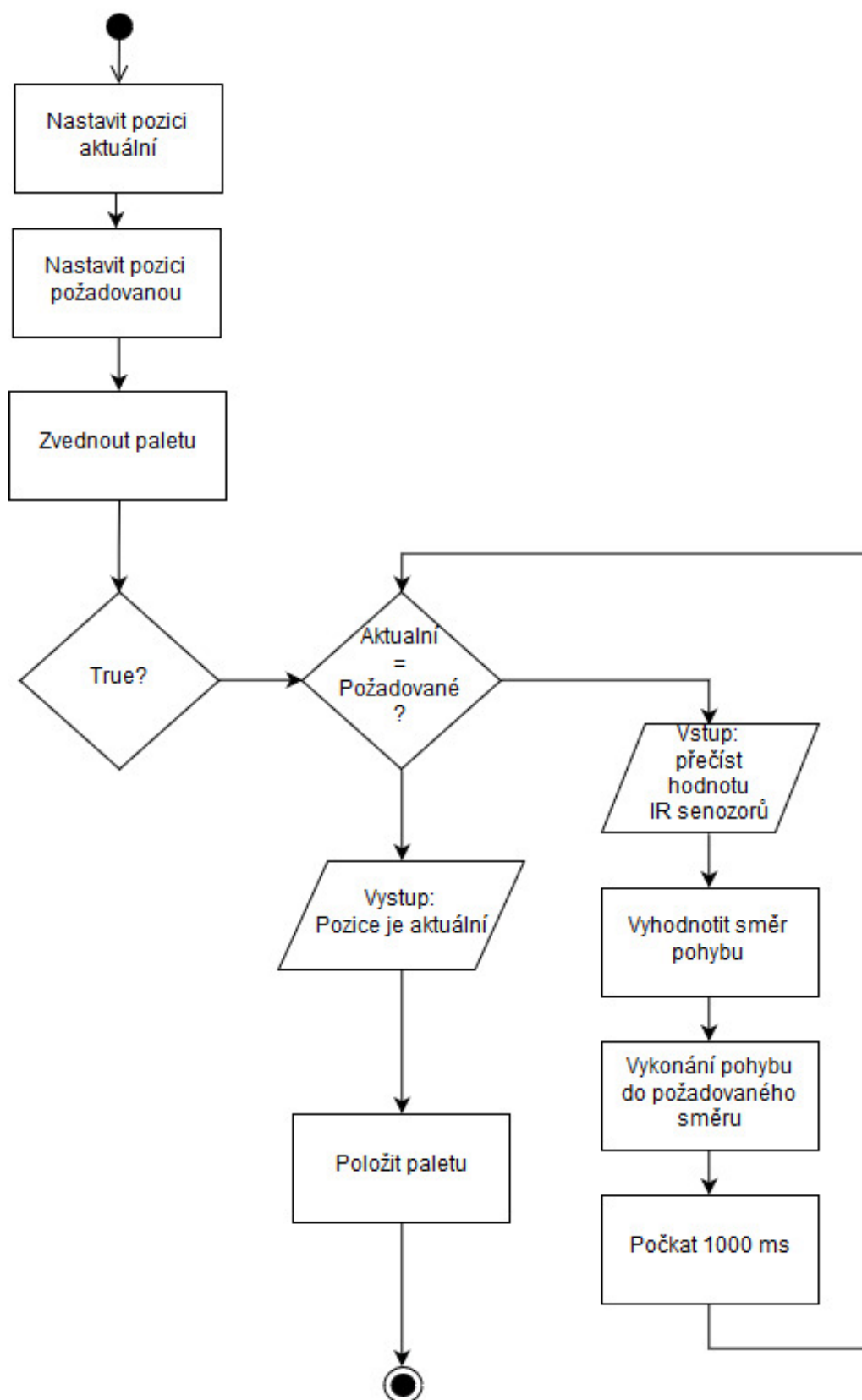
### 4.4 Demonstrační software

Účelem demonstračního softwaru, bylo otestovat funkčnost a konstrukci modelu při testování. Pro tento účel bylo zvoleno, že model robotické palety bude na počátečních souřadnicích. Zde zvedne paletu a poté se model bude nejdříve pohybovat po ose X a následně po ose Y. Jakmile dojde do požadovaných souřadnic, provede položení palety a model vyčká na další instrukce. Diagram tohoto algoritmu lze pozorovat na Obrázku 34 .

### 4.5 Navigační software

Navigační software byl řešen pomocí souřadnicového systému. Zde byla použita jako inspirace šachovnice nebo spíše kartézský systém. To bylo realizováno pomocí mřížky čar. Toto řešení nabídlo mnoho možností ohledně celého navigačního softwaru, jelikož je možno napevno definovat souřadnice překážek nebo jednotlivých odložených aut. Navigační software byl navržen tak, že vezme nejdříve X souřadnici a poté jede v cyklu do té doby, než dosáhne požadované X souřadnice. Jednotlivé X souřadnice přičítá vždy, když postranní senzory zaznamenají křížení neboli čáru. Poté si vozítko pomyslně přetočí senzory přeražením vstupních hodnot do funkce Pohyb a model pokračuje po ose Y. Zde probíhá stejný cyklus s tím rozdílem, že se pracuje s Y souřadnicí.





Obrázek 34: Vývojový diagram programu

## 5 Testování

Tato kapitola pojednává o testování modelu robotické palety pro automatizované parkoviště.

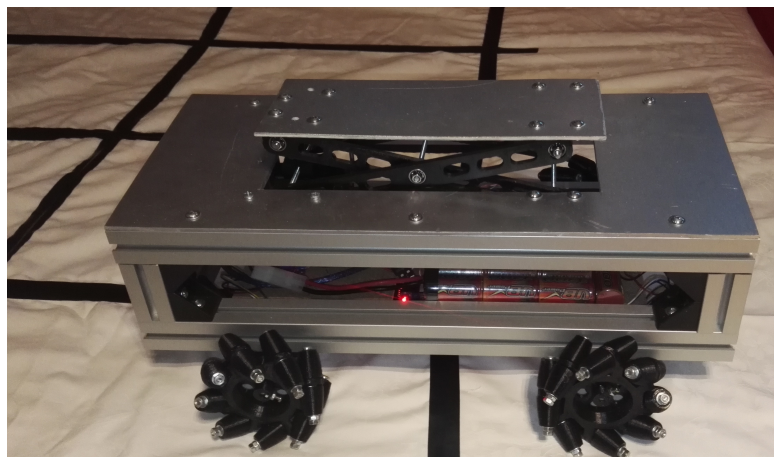
Pro dráhu byla využita čára, ze které byla vytvořena mřížka o rozměrech 1,5m x 1,5m. Jako podklad bylo využito prostěradlo. A to z toho důvodu, že na daném vozítku byla kola vytištěna na 3D tiskárně a to konkrétně z materiálu ABS-T. Toto však nese komplikace v malé adhezi vůči plovoucí podlaze, na které bylo původně v plánu testy provádět.

### 5.1 Provedení testování

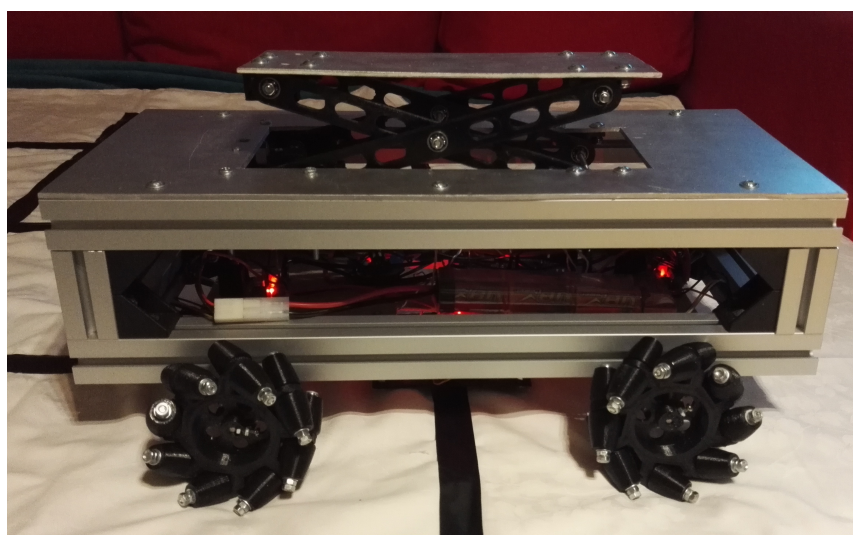
Veškeré testování bylo prováděno s demonstračním softwarem. Ten měl za úkol na počátečních souřadnicích, které jsou napevno určeny, zvednout paletu a tu následně pomocí svého algoritmu pohybu dovést na určené místo, zadané pomocí požadovaných souřadnic.

V testu se ukázala nevýhoda materiálového zpracování kol, kdy často docházelo k nesprávnému kontaktu kol s povrchem a vozítko se tím dostávalo mimo čáru. To se však projevovalo pouze na jízdě v bok. Při prvním testování model dorazil do cíle i přes problémy, které tento problém způsobil. U zvedacího mechanismu se dále projevila nevýhoda uchycení, kdy při druhém pokusu se přes otřesy soustavy od krokového motoru uvolnily matky a celý zvedací mechanismus se nahnul na pravou stranu. Dále se na zvedacím mechanismu projevilo i vybití baterie, kdy při druhém pokusu už měl podvozek problém zvednout paletu do požadované pozice. Tato pozice byla navržena tak, aby měla rezervu. Při druhém testování model dorazil sice do požadované pozice, ovšem už přes vybití baterie nedokázal položit paletu. Při dalších testech byl změněn povrch, na kterém se vozítko pohybovalo. To vedlo k lepšímu kontaktu kol s povrchem při jízdě v bok.

Pro fotodokumentaci byla kvůli názornosti odebrána paleta. To však mělo vliv i na menší energetickou náročnost.



Obrázek 35: Fotka modelu na začátku se zvedajícím se mechanismem



Obrázek 36: Fotka modelu na začátku se zvednutým mechanismem



Obrázek 37: Fotka modelu v cíli

## Závěr

Tato práce se zaměřuje na vytvoření řešení pro automatizovaná parkoviště. Cílem bylo seznámit se s problematikou automatizovaných parkovišť. Poté navrhnout a vytvořit model robotizované palety, která bude určena pro manipulaci s auty, na automatizovaném parkovišti. Dále vytvořit pro tento model základní navigační systém.

Po prozkoumání problematiky automatizovaných parkovišť, jsem vybral vhodné řešení a vytvořil koncept modelu v počítači. Model jsem následně zkonstruoval z vybraných součástek a chybějící díly, jsem vytvořil s využitím 3D tisku. Dále jsem navrhl řešení pohybu a navigace po mřížce čar. Model je díky tomuto schopen pohybovat se prostorem dle přesně definovaných souřadnic, které určuje tato mřížka. U modelu jsem tedy definoval prvotní souřadnice, ze kterých model vyjíždí a následně jsem definoval souřadnice na které má dojet. Navigační systém porovnává tyto souřadnice a aby dosáhl daných cílových souřadnic využívá nejprve pohyb po ose X a následně po ose Y.

V průběhu testování jsem objevil některé konstrukční nedostatky modelu. Problémem se ukázala volba 3D tisku a to hlavně u kol. Ty neměly na testovaném povrchu dostatečnou přilnavost a neplnily tak svou funkci při pohybu do stran. Toto jsem omezil změnou povrchu, po kterém se bude model pohybovat. Čímž jsem vyřešil prokluz pasivních prvků kol. Tím však nevyřešil namáhání uchycení kol k hřídeli motoru. S tímto je v budoucnu nutno počítat. Dalším úskalím by se mohlo jevit provedení zvedacího mechanismu, u kterého se při testování projevoval nedostatečný výkon krokového motoru a také naklánění do pravé strany. Tuto problematiku bych řešil buď složitější konstrukcí tohoto mechanismu nebo výměnou za jiný zvedací systém. Dále bych pro budoucí řešení doporučoval využití výkonnější ovládací jednotky pro možnosti autonomie. Ze strany svého vedoucího práce jsem byl upozorněn že pro reálné využití má model pro manipulaci nepříliš nevhodnou výšku. Výšku lze však upravit jiným uspořádáním součástek modelu a úpravou konstrukce.

Závěrem lze konstatovat, že jsem vytvořil model ukazující možnosti, které toto řešení nabízí. S dalšími úpravami a vylepšeními dle aktuálních trendů je využitelný v praxi. To lze pozorovat již v dnešních konceptech automatizovaných parkovišť. Za dobu, kdy jsem vytvářel tuto práci se tento koncept již pomalu stává skutečností.

## Literatura

- [1] NOVÁK, Petr: *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. BEN - technická literatura, Praha, 2005. ISBN 80-7300-141-1.
- [2] ZANCHIN, Betina Carol, Rodrigo ADAMSHUK, Max Mauro SANTOS a Kathya Silvia COLLAZOS: *On the instrumentation and classification of autonomous cars*. In: *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. IEEE, 2017, 2017. DOI: 10.1109/SMC.2017.8123022. ISBN 978-1-5386-1645-1. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8123022/>
- [3] VODA, Zbyšek: *Průvodce světem Arduina*. Vydání druhé. Bučovice: Martin Stríž, 2017. ISBN 978-80-87106-93-8.
- [4] KÁRNÍK, Ladislav, Radek KNOFLÍČEK a Jozef NOVÁK-MARCINČIN: *Mobilní roboty*. Opava: Márfy Slezsko, 2000. ISBN 80-902-7462-5.
- [5] SEDLÁK, V: *Plánování cesty mobilního robotu pomocí mravenčích algoritmů*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce RNDr. Jiří Dvořák, CSc.
- [6] LACKO, B: *Využití kulových elementů ve vícesměnových podvozcích mobilních robotů*. Brno, 2005. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [7] SOUKUP, K: *Řízení všesměrového podvozku mobilního robotu*. Brno, 2004. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Branislav Lacko, CSc.
- [8] VALA, M: *Konstrukční řešení a realizace podvozku se všesměrovými koly*. Ostrava, 2014. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě, Fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Václav Krys, Ph.D.
- [9] Pobucký, Petr: *Konstrukční návrh kolového podvozku využitím hydraulických pohonných jednotek* Ostrava, 2015. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě, Fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Milan Mihola, Ph.D.
- [10] KONFRŠT, P: *Všesměrový podvozek robota se servopohony a základní odometrií*. Pardubice, 2012. Bakalářská práce. UNIVERZITA PARDUBICE Fakulta elektrotechniky a informatiky. Vedoucí práce Ing. Pavlovi Rozsívalovi.
- [11] *Robot Platform: Types of Robot Wheels*. (2019-01-06). [www.robotplatform.com/knowledge/ClassificationofRobots/Typesofrobotwheels.html](http://www.robotplatform.com/knowledge/ClassificationofRobots/Typesofrobotwheels.html)

- [12] Coleman, B: *What Types of mobile Robots are There?* . (2019-01-06).  
[www.robotshop.com/community/tutorials/  
/show/basics-what-types-of-mobile-robots-are-there](http://www.robotshop.com/community/tutorials/show/basics-what-types-of-mobile-robots-are-there)
- [13] LAUWERS, T. B., G. A. KANTOR a R. L. HOLLIS:  
*A Dynamically Stable Single: Wheeled Mobile Robot with Inverse Mouse-Ball Drive.*  
(2019-01-06).  
[www.ri.cmu.edu/pub\\_files/pub4/lauwers\\_tom\\_2006\\_1/lauwers\\_tom\\_2006\\_1.pdf](http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub4/lauwers_tom_2006_1/lauwers_tom_2006_1.pdf)
- [14] *Budoucnost logistiky: pět technologií, které samoorganizují dodavatelský řetězec.*  
(2019-01-06).  
[www.elogistika.info/budoucnost-logistiky-pet-technologiei-ktere-samoorganizuji  
-dodavatelsky-retezec](http://www.elogistika.info/budoucnost-logistiky-pet-technologiei-ktere-samoorganizuji-dodavatelsky-retezec)
- [15] BostonDynamics Zdroj:  
[www.mobilizujeme.cz/wp-content/uploads/2017/11/MjcyMjY1NA.jpg](http://www.mobilizujeme.cz/wp-content/uploads/2017/11/MjcyMjY1NA.jpg)
- [16] *Pásový podvozek* Zdroj:  
[www.img.tttcdn.com/product/xy/2000/2000/  
p/gu1/R/S/RM5077-2-US/RM5077-2-US-1-771f-dQXa.jpg](http://www.img.tttcdn.com/product/xy/2000/2000/p/gu1/R/S/RM5077-2-US/RM5077-2-US-1-771f-dQXa.jpg)
- [17] *Clasic wheel* Zdroj:  
[lh3.googleusercontent.com/iNI6UekD5QWvLhv5sNEkA6mfDREyPu0FrUKvRGf0qHAA  
-nG4wk1aEwwRarsA\\_KPLn03goNg=s170](http://lh3.googleusercontent.com/iNI6UekD5QWvLhv5sNEkA6mfDREyPu0FrUKvRGf0qHAA-nG4wk1aEwwRarsA_KPLn03goNg=s170)
- [18] *Stanford wheel* Zdroj:  
[upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/  
Triple\\_Rotacaster\\_commercial\\_industrial\\_omni\\_wheel.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/Triple_Rotacaster_commercial_industrial_omni_wheel.jpg)
- [19] *Mecanum wheel* Zdroj:  
[vexrobotics.com/media/catalog/product/cache/1/image/  
9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/2/1/217-2586.jpg](http://vexrobotics.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/2/1/217-2586.jpg)
- [20] *Ballbot* Zdroj:  
[http://fritzing.org/media/fritzing-repo/projects/m/  
mb8-mini-ballbot-version-8/images/mb8\\_3\\_final\\_5.JPG](http://fritzing.org/media/fritzing-repo/projects/m/mb8-mini-ballbot-version-8/images/mb8_3_final_5.JPG)
- [21] *Tříkolový podvozek* Zdroj:  
<https://www.superdroidrobots.com/images/TP/TP-500-211.jpg>
- [22] *Odin* Zdroj:  
<http://robot.vsb.cz/images/mobile-robots/odin.jpg>

- [23] *Podvozek z koly v rozích* Zdroj:  
<https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1cxY2KpXXXXcPXVXXq6xXFXXXC/4WD-Omni-Wheel-Arduino-Robot-di-ng-t-ng-th-ch-kit.jpg>
- [24] *Sidewinder* Zdroj:  
[http://www.vetexinc.com/images/193\\_Lookingdown.jpg](http://www.vetexinc.com/images/193_Lookingdown.jpg)
- [25] *KMP 1500* Zdroj:  
<https://i0.wp.com/roboticsandautomationnews.com/wp-content/uploads/2017/09/kuka-KMP-1500-mobile-Platform.jpg?fit=900%2C506>
- [26] *omniMove* Zdroj:  
[https://www.kuka.com/-/media/kuka-corporate/images/products/mobility/kuka\\_omnimove\\_header.jpg](https://www.kuka.com/-/media/kuka-corporate/images/products/mobility/kuka_omnimove_header.jpg)
- [27] *SAE Autonomie* Zdroj:  
<https://3laqvw22wekb3ykm8z4dbnq8-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/11/Screen-Shot-2018-11-05-at-8.57.00-AM-1024x596.jpg>
- [28] *Arduino* Zdroj:  
[https://o.lnwfile.com/\\_/o/\\_raw/ma/87/3f.jpg](https://o.lnwfile.com/_/o/_raw/ma/87/3f.jpg)
- [29] *Páternoster* Zdroj:  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Paternoster\\_animated.gif](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Paternoster_animated.gif)
- [30] *Browser system* Zdroj:  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2c/Autoturm\\_von\\_Innen.jpg/220px-Autoturm\\_von\\_Innen.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2c/Autoturm_von_Innen.jpg/220px-Autoturm_von_Innen.jpg)
- [31] *L298N* Zdroj:  
[https://www.diyelectronics.co.za/store/5240-large\\_default/motor-driver-dual-h-bridge-module-l298n.jpg](https://www.diyelectronics.co.za/store/5240-large_default/motor-driver-dual-h-bridge-module-l298n.jpg)
- [32] *Hliníkové profily* Zdroj:  
<http://www.dsloziska.cz/soubory/file112.jpg>
- [33] *Využitý stejnosměrný motor* Zdroj:  
<https://core-electronics.com.au/media/catalog/product/cache/1/image/fe1bcd18654db18f328c2faaaf3c690a/f/i/fit0522-1.png>



## Seznam příloh

DVD-ROM:

- Elektronická verze této práce
- Software pro řízení modelu
- 3D modely (stl)
  - Návrh modelu
  - Kola modelu
  - Rameno zvedacího mechanismu
  - Držák ramena zvedacího mechanismu (pevný)
  - Držák ramena zvedacího mechanismu (kolejnice kostry)
  - Držák ramena zvedacího mechanismu (kolejnice zvedací desky)
  - Držák senzorů - Držák motoru - Držák krokového motoru
  - Kolíček na jezdec krokového motoru
- Výkresy k 3D modelům